Gravedad Cuántica de Bucle para la Conversión Cosmológica Extendida (GCB-TCCE)

Dr. Carlos David Bianco Moreno

C.I.: 17.570.016

carlosdavid1985@hotmail.es

Venezuela 08/12/2025

Introducción:

La Necesidad de una Microfísica

La TCCE, en su formulación clásica y semiclásica, postula un acoplamiento entre la materia y un campo de energía oscura, con una tasa de conversión **Γ(t)** que depende de la actividad astrofísica. Sin embargo, la pregunta fundamental queda sin respuesta: **¿cuál es el mecanismo microscópico que permite que la masa-energía se convierta en el campo de Energía Oscura Primordial (EOP)?**

Este mecanismo debe operar con mayor eficiencia en las regiones de mayor curvatura espaciotemporal, como las cercanías de los horizontes de sucesos de los agujeros negros. Proponemos que la Gravedad Cuántica de Bucle (GCB) proporciona el lenguaje y el marco matemático para describir este proceso. La GCB postula que el espacio-tiempo no es continuo, sino que está compuesto de "átomos" o cuantos discretos de volumen y área.

2. El Marco Fundamental: Espacio-Tiempo como Red de Espín

En la GCB, el estado cuántico de la geometría del espacio está descrito por una **red de espín (spin network)**. Esta es una gráfica cuyos nodos representan cuantos de volumen y cuyos enlaces representan cuantos de área que los atraviesan. La evolución de esta red en el tiempo se describe por una **espuma de espín (spin foam)**, que es la análoga cuántica de la historia del espacio-tiempo.

En este marco:

- La materia y los campos (como el campo de EOP, **ϕ**) no viven *en* el espacio-tiempo, sino que son excitaciones *sobre* la red de espín.
- La curvatura del espacio-tiempo clásica corresponde a la densidad y la complejidad de la red de espín en una región determinada. Un horizonte de sucesos de un agujero negro es una región con una densidad extremadamente alta de nodos y enlaces.

3. El Mecanismo de Conversión: Transición de Nodo con Pérdida de Geometría

El núcleo de la GCB-TCCE es la hipótesis de que un nodo de la red de espín puede sufrir un tipo específico de transición cuántica cuando la materia cae sobre un agujero negro.

La Hipótesis Central: Cuando un cuanto de materia (modelado como una excitación que interactúa con la red) impacta una región de alta curvatura (un nodo con alto espín), existe una amplitud de probabilidad no nula de que el nodo no solo absorba la energía, sino que también **re-asigne una fracción infinitesimal de su propio quantum de volumen a la creación de un cuanto del campo de EOP.**

Visualmente, el proceso es:

1. **Estado Inicial:** Un nodo con un volumen cuántico **V** y un espín **j** (relacionado con el área) interactúa con materia entrante.

2. **Transición Cuántica:** El nodo sufre una transición a un estado de volumen ligeramente menor $V' = V - \Delta V$ y espín $j' = j - \Delta j$.

3. **Estado Final:** La "energía geométrica" perdida ($\Delta E_{geom} \propto \Delta V$) no desaparece, sino que se manifiesta como la creación de una partícula de EOP (**ϕ**) con una energía $E_\phi = \Delta E_{geom}$.

$$\text{Nodo}(V, j) + \text{Materia} \rightarrow \text{Nodo}(V - \Delta V, j - \Delta j) + \text{Cuanto}_\phi(E_\phi)$$

Este es el acto fundamental de "conversión cosmológica". No es magia, sino una transición permitida en el espacio de Hilbert de la gravedad cuántica, donde la propia geometría se convierte en otro campo cuántico.

4. Formalismo Matemático

El estado del universo se describe por un estado en el espacio de Hilbert de la GCB, acoplado al espacio de Hilbert del campo de EOP:

$$|\Psi> = |G, M> \otimes |\phi>$$

Donde **$|G, M>$** es el estado de la geometría (**G**) y la materia (**M**), y **$|\phi>$** es el estado del campo de EOP.

La dinámica está gobernada por una versión cuántica de la restricción de Hamilton de Wheeler-DeWitt, que ahora incluye un término de interacción:

$$\hat{H}_{total} |\Psi> = (\hat{H}_{GCB} + \hat{H}_{materia} + \hat{H}_{EOP} + \hat{H}_{int}) |\Psi> = 0$$

- **$\hat{H}_{GCB}$** es el Hamiltoniano de la Gravedad Cuántica de Bucle, que gobierna la dinámica de la red de espín.
- **$\hat{H}_{materia}$** describe la dinámica de la materia en la red.
- **$\hat{H}_{EOP}$** es el Hamiltoniano para el campo escalar de EOP.
- **$\hat{H}_{int}$** es el **Hamiltoniano de interacción** que describe el mecanismo de conversión. Proponemos la siguiente forma:

$$\hat{H}_{int} = \xi \sum_i (\hat{A}_i) * \hat{H}_{\phi}(x_i)$$

Donde:

- **ξ** es una constante de acoplamiento fundamental adimensional, que determina la probabilidad de la transición.
- **$\hat{A}_i$** es el **operador de área** en el nodo **i**. Este operador mide la curvatura local. El uso del operador de área asegura que la interacción solo sea significativa en regiones de alta curvatura.
- **$\hat{H}_{\phi}(x_i)$** es el operador de Hamiltoniano del campo de EOP evaluado en la ubicación del nodo **i**.

Este término de interacción codifica matemáticamente la hipótesis: la probabilidad de crear un cuanto de EOP en una ubicación es proporcional a la curvatura (el área) en esa ubicación.

5. Consecuencias y Conexión con la TCCE Semiclásica

¿Cómo surge la TCCE que describimos anteriormente a partir de esta teoría cuántica fundamental?

1. **Aproximación Semiclásica:** Cuando consideramos un agujero negro supermasivo, estamos tratando con un número astronómico de nodos. El efecto cuántico discreto de la conversión de nodo a nodo, cuando se promedia sobre todos estos eventos, se manifiesta como un proceso continuo y clásico: una pérdida de masa del agujero negro ligeramente más rápida de la esperada y una generación continua de EOP.

2. **Derivación de $\Gamma(t)$ y ε_{BH}:**

   - La tasa de eventos de conversión es proporcional a la tasa de materia que cae sobre el agujero negro (que excita los nodos) y a la densidad de nodos de alta curvatura (proporcional a la masa del agujero negro). Esto reproduce la dependencia de **$\Gamma(t)$** con la tasa de acreción **$\Phi(t)$**.

   - La constante de conversión clásica **ε_{BH}** ya no es un parámetro fenomenológico. Es una consecuencia directa de la constante de acoplamiento fundamental **ξ** en el Hamiltoniano cuántico. **ε_{BH}** puede ser calculado (en principio) a partir de **ξ** y los detalles del espectro del operador de área en la GCB.

3. **Resolución de Paradojas:** Este mecanismo podría tener implicaciones para paradojas como la del agujero negro. La información de la materia que cae no solo se codifica en el horizonte, sino que una parte de su energía-masa se "re-radiante" uniformemente en todo el universo como EOP, un canal de evaporación completamente nuevo.

6. Conclusión: Una Teoría Unificada

La GCB-TCCE proporciona una base microfísica completa y coherente para la Teoría de la Conversión Cosmológica Extendida. Explica el "cómo" y el "porqué" de la conversión de materia en energía oscura:

- **El Cómo:** A través de transiciones cuánticas en la red de espín donde los cuantos de geometría se convierten en cuantos del campo de EOP.

- **El Porqué:** Porque la probabilidad de estas transiciones, gobernada por el Hamiltoniano **$\hat{H}_{int}$**, aumenta drásticamente en regiones de alta curvatura espaciotemporal.

Esta teoría unifica la cosmología a gran escala con la física fundamental a la escala de Planck. Predice que la energía oscura no es un misterio externo, sino una manifestación directa de la naturaleza cuántica y granular del propio tejido del universo. Aunque altamente especulativa, ofrece un camino concreto hacia una comprensión completa de la energía oscura y, potencialmente, de la gravedad cuántica en sí misma.

LA RESOLUCIÓN DE LA PARADOJA CONTINÚA EN EL DOCUMENTO 15B